

文章编号:1007-2780(2014)06-0957-06

光电编码器快速地检系统显示功能设计

左 洋^{1,2}, 龙科慧^{1*}, 周 磊¹, 乔 克¹, 刘金国¹, 刘 兵^{1,2}

(1. 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033;

2. 中国科学院大学, 北京 100039)

摘要:针对航空航天领域中高精度、高转速光电轴角编码器的性能检测问题,设计了一种基于航天级光电编码器的快速地检系统显示功能。系统可同时对多台光电编码器信号进行采集、处理、通信和显示,以 DSP+CPLD 为核心处理模块,CPLD 控制高速 A/D 对光电编码器信号的采集与粗码数据锁存,DSP 负责处理编码器精粗码信号和数据通讯与显示功能。经处理过的数据信息由自定义的通信接口通过双口 RAM 进行传输,利用外部按键控制 LCD 分别显示出从 RAM 中读取的每台编码器二进制和度分秒形式的角度位置信息。实验结果表明,该系统可同时处理多台编码器信号数据,并实现数据传输通信和显示功能,实时性好,可视性强,并且系统显示功能还可进一步扩展。

关键词:光电编码器;地检系统;显示;双口 RAM;LCD

中图分类号:TP212.12 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20142906.0957

Design of display function in rapid detection system of photoelectric encoder

ZUO Yang^{1,2}, LONG Ke-hui¹, ZHOU Lei¹, QIAO Ke¹, LIU Jin-guo¹, LIU Bing^{1,2}(1. *Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics,*
*Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China;*2. *Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)*

Abstract: Aiming at the problem of performance testing about high-precision and high-speed optical shaft encoder in the field of aerospace, the function of display in rapid detection system based on aerospace photoelectric encoder was designed. The system could simultaneously complete acquisition, processing, communication and display of multiple optical encoders. DSP + CPLD was core processing module. CPLD controlled the high-speed A/D to complete photoelectric encoder signal acquisition and data latches coarse code. DSP was responsible for the completion of processing crude code and precise code encoder signal, data communication and display. The data information of processed was transmitted by the dual port RAM in the customize communication interfaces. Each of the encoder reading from RAM about the angular position in binary and degrees, minutes, seconds form were displayed in the LCD screen by external buttons controlling. The results show that the system can handle data signal of multiple encoders, data transmission and display. The system is good real-time and strong visibility. Display function of system can be further expanded.

Key words: photoelectric encoder; detection system; display; dual port RAM; LCD

收稿日期:2014-05-19; 修订日期:2014-07-10.

基金项目:国家自然科学基金(No. 61108066)

* 通信联系人, E-mail:15043018007@163.com

1 引言

光电轴角编码器是基于光栅莫尔条纹原理的角度传感器,因具有智能化、使用可靠、无接触测量、易于维护等优点,被广泛地应用于国防、工业等领域的精密测量和实时控制系统中。在航空航天领域中的高精度、高转速光电编码器由于其特殊的工作环境,对编码器的各项性能指标要求严格,需要地检系统能够精确地检测出编码器的各项参数,因此,研究编码器的快速地检系统,对于航天级编码器具有重要意义^[1-4]。

目前,光电轴角编码器的地检调试系统多是基于单片机为核心处理器,通过串口进行数据通信,采用 LED 灯排显示编码器数据信息。但由于单片机运算处理时间长,串口通讯速率慢,造成检测系统实时性差。而 LED 显示灯排占用系统体积大,对于非专业人员来说,显示的二进制数据读取较困难,需计算后才能得到角度值,人工工作量大,信息显示单一,若某一 LED 灯出现问题,造成调试结果出错,不易查找^[5-8]。

本文介绍了一种基于 DSP+CPLD 的编码器快速地检系统。在涵盖以往调试系统所有功能的基础上,以 DSP 为核心处理器采用双口 RAM 进行数据快速通信,增加了 LCD 液晶屏显示多台编码器数据信息,并可同时显示二进制和度分秒形式的角度位置信息,提高了信息显示量,实时性好,可视性强,适于工作人员调试和数据读取,携带方便,可在不同场地进行调试,并且系统显示功能还可进一步扩展。

2 系统总体设计

编码器快速地检系统的结构框图如图 1 所示,从图中可以看出该系统由两部分组成,一部分是测角板,另一部分是伺服控制板。在测角板电路中,3 台编码器粗码信号由放大器放大后经比较器整形送入 CPLD 中,通过 CPLD 中设计的锁存器进行锁存后输出到 DSP;精码信号经差分放大后通过 CPLD 控制的 12 位高速 A/D 进行采样转换,将得到的数字量送入 DSP。DSP 中软件程序对编码器信号进行粗码译码,精码细分,精粗校正等一系列处理得到 3 台编码器的角度信息。伺

服控制板通过定义的接口为测角板提供 5 V 和 12 V 电源,同时向测角板上的 DSP 外部中断发送脉冲信号,控制测角数据的传输通信,双口 RAM 负责传输数据的存储,将 RAM 中读取的编码器角度代码处理成二进制和度分秒形式,由 LCD 液晶屏分别显示出 3 台编码器的角度信息。

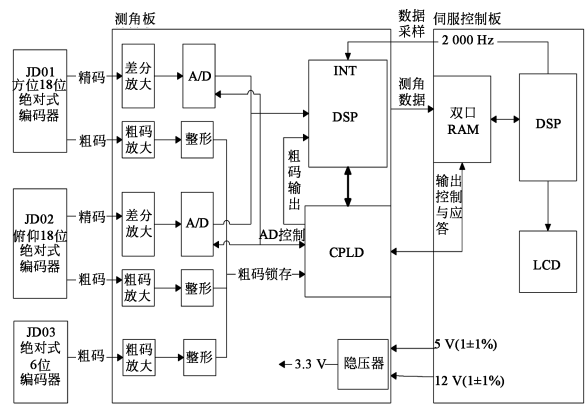


图 1 系统结构图

Fig. 1 Diagram of the system architecture

3 系统实现

编码器快速地检系统中测角板与伺服控制板的 DSP 选用 TI 公司的 SMJ320F240,其为航天设备中所使用芯片,具有高速的运算能力,可在 -55 ~ 125 ℃ 范围内工作,包括 16K 字的 FLASH 程序存储器,544 字的数据/程序 RAM。CPLD 选用 ALTERA 公司的 EPM240T100C5,包括 240 逻辑元件,80 个 I/O 引脚。双口 RAM 选用 IDT 公司的 IDT71V321,该芯片提供 2 个带有自身的控制、地址和 I/O 引脚的独立端口,可以允许双机同步地读或写存储器中的任何单元,同时保证数据的完整性。高速 A/D 选用 AD7864,它是一款高速低功耗四通道同步采样 12 位模数转换器,在转换时四通道同时采样转换速率是 130 KSPS。LCD 为液晶屏 LCD12864,该模块灵活的接口方式和简单、方便的操作指令,可构成全中文人机交互图形界面^[9-10]。

3.1 数据通讯设计

系统中测角电路板和伺服控制板由自定义的接口连接,通过双口 RAM 进行数据通讯。伺服控制板向测角板发送通讯同步信号:LVTTTL 电平(高电平为 3.3 V),2 000 Hz,占空比 1 : 1;测

角板上升沿写编码器数据,伺服控制板下降沿读数据。测角板与伺服控制板接口插头为 AIR-BORN 公司的 WTB56PR9SY,连接器的接口定义有以下信号组成:地址线 A0~A10,数据线 D0~D7, RAM 控制信号 CS、WR、OE, 2 000 Hz 时钟信号。测角板中 DSP 将数据打包写入 RAM

中,数据格式为原码,一次传输 10 个字节,首字节为帧头码,第 2~4 字节为方位编码器的高、中、低各 8 位二进制数据,第 5~7 字节为俯仰编码器的高、中、低各 8 位二进制数据,第 8 字节为 JD03 编码器 8 位二进制数据,最后两位为状态码和累加和,传输数据格式如表 1 所示。

表 1 编码器数据格式
Tab. 1 Data format of encoder

0xF5	AH	AM	AL	EH	EM	EL	E	状态码	SUM
帧头码	JD01 高	JD01 中	JD01 低	JD02 高	JD02 中	JD02 低	JD03	状态码	累加和

状态码定义如表 2。

表 2 状态码格式
Tab. 2 Format of status code

状态位	0	1
D0(JD01)	正常	故障
D1(JD02)	正常	故障
D2(JD03)	正常	故障

0x8000 开始连续写入包含编码器数据信息的 10 个字节,在 CE_L 为低电平,R/W_L 为低电平时,测角板写入的数据保存到存储器中。在脉冲下降沿,同时 CE_R 和 OE_L 为低电平,R/W_R 为高电平时,伺服控制板读取 RAM 中存储的 10 个字节信息。

3.2 显示电路设计

为实时观测编码器转动动态位置信息和检测数据传输的正确性,设计了地检系统显示功能。伺服控制板通过 LCD 液晶屏显示出从 RAM 中读取的编码器数据信息。LCD 液晶屏选用 LCD12864,其显示分辨率为 128×64,内置 8 192 个 16×16 点汉字和 128 个 16×8 点 ASCII 字符集,可以显示 8×4 行 16×16 点阵的汉字,也可完成图形显示。LCD 显示电路如图 3 所示,DSP 由通用 IO 口 IOPB0~IOPB7 向 LCD 中写数据或指令,通过 IO 口 IOPA3 控制液晶屏显示数据或指令,IOPA4 控制数据读或写操作,IOPA5 控制液晶屏使能信号,电位器 W1 控制液晶屏明暗度。

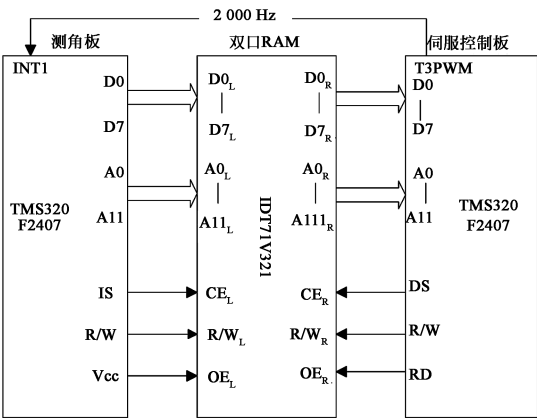


图 2 编码器数据通讯原理图
Fig. 2 Schematic of encoder data communication

测角板通过控制 CE_L、R/W_L、OE_L 3 个引脚信号使双口 RAM 左侧引脚为写输入,伺服控制板通过控制 CE_R、R/W_R、OE_R 3 个引脚信号使双口 RAM 右侧引脚为读输出,编码器数据通讯原理如图 2 所示。当伺服控制板通过通用定时器 3 向测角板 INT1 引脚发出 2 000 Hz 脉冲时,脉冲上升沿时触发测角板外部中断响应,从外部地址

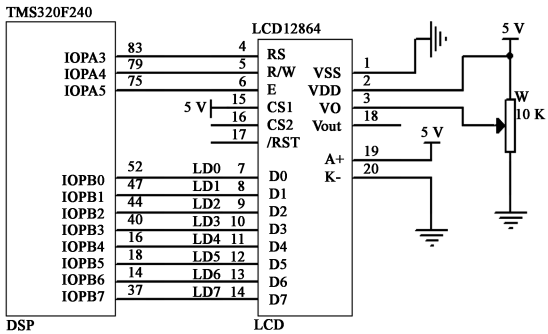


图 3 LCD 显示电路图
Fig. 3 Diagram of LCD display circuit

3.3 显示程序设计

为提高编码器数据信息显示的可视性,有利于工作人员调试及数据读取,系统通过 LCD12864 同时显示出二进制灯排形式和度分秒形式的编码器角度代码,省去了以往 LED 灯排显示电路,缩小了系统体积,减少了人工工作量。

由于伺服控制板读取的 10 字节信息包括 3 台编码器位置信息、帧头码、状态码和累加和,而 LCD12864 满屏只能显示 8 字节数据无法完全显示出读取信息,所以为了更直观、方便地读取每台编码器位置信息,将 10 字节数据分 4 次循环显示,通过外设按键切换每次显示信息,前 3 次分别显示每台编码器转动角度信息,第 4 次屏显示帧头码、状态码和累加和,系统显示功能流程图如图 4。

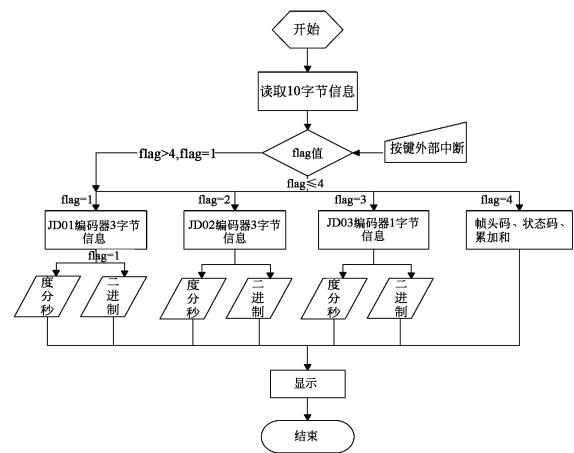


图 4 显示功能流程图
Fig. 4 Flow chart of display

在显示程序中每按下一次按键就会触出发外部中断令中断标志位 flag 自动加 1,flag 初值为 1,当 flag>4 时重新赋值为 1,通过判断 flag 值来确定液晶屏上每次显示的信息。当 flag=1 时,系统处理 18 位 JD01 方位编码器的 3 个字节数据信息,首先将二进制数据转换成十进制度分秒形式的位置信息显示在液晶屏的第二行,然后利用 LCD 的自定义字符将二进制灯排形式的位置信息显示在第三、四行。同样在 flag=2 时,显示 18 位 JD02 俯仰编码器的位置信息;flag=3 时,显示 6 位 JD03 编码器信息;而 flag=4 时,系统无需处理直接显示帧头码、状态码和累加和 3 个字节信息。程序部分源代码如下:

void lcd(void)

```
{
switch(flag)
{
case 1:          //18 位编码器 01
    Chl_dfm(bdata[1],bdata[2],bdata[3]);
    z=(bdata[1] & 0x00FF) ;
    g1=(((bdata[2] & 0x00FF)<<<8) & 0xFF00);
    z1=(bdata[3] & 0x00FF) ;
    high16=z;
    high32=g1+z1;
    Chl_light16(high16);
    Chl_light32(high32);
    break;

case 2:          //18 位编码器 02
    Chl_dfm(bdata[4],bdata[5],bdata[6]);
    g2=(bdata[4] & 0x00FF);
    z2=(((bdata[5] & 0x00FF)<<<8) & 0xFF00);
    g3=(bdata[6] & 0x00FF);
    high48=g2;
    high64=z2+g3;
    Chl_light16(high48);
    Chl_light32(high64);
    break;

case 3:          //6 位编码器 03
    Chl_dfm(blank,blank,bdata[7]);
    z3=(bdata[7] & 0x00FF) ;
    high80=z3;
    Chl_light16(high80);
    break;

case 4:          //显示帧头码、状态码、累加和
    g=(bdata[0] & 0x00FF);
    g4=(((bdata[8] & 0x00FF)<<<8) & 0xFF00);
    z4=(bdata[9] & 0x00FF) ;
    D1=g;
    D2=g4+z4;
    Chl_light16(D1);
    Chl_light32(D2);
    break;
```

```
}  
  
disp();  
  
}
```

程序中函数 Chl_dfm()是将读取的编码器数据处理成度分秒形式,函数 Chl_light16 和 Chl_light32 是将二进制数通过自定义字符转换为相应的灯排形式,函数 disp()是将处理过的数据分别显示到液晶屏的相应位置。

4 实验结果

通过软硬件设计与调试,系统显示效果如图 5 所示。液晶屏第一行显示的 ZL01 为编码器序号,括号内为自定义字符代表二进制灯排的定义。第二行显示此时编码器位置信息为 50°56'57",相应的在第三、四行显示 18 位二进制灯排信息为 001001000011101100。



图 5 显示效果图
Fig. 5 Renderings of show

系统以高精度光电编码器作为角度基准,将被检编码器与基准编码器同轴连接,记录相同位置处的角度读数差值,即为被检编码器在该位置处的误差。实验中采用的基准编码器分辨力为 23 位,精度≤2",可以满足对精度大于 10"的光电编码器检测要求。在光电编码器全周 360°每隔 30°测 1 个点,共得到 13 点的误差数据,记录编码器顺时针和逆时针旋转时两组误差值,测试结果如表 2 所示。

由编码器误差检测结果可知,编码器最大误差值为+40",最小误差值为-35",均方根误差为 24.38",满足编码器精度小于 60"的要求。

表 3 编码器误差测试结果

Tab. 3 Results of encoder's precision test			
编号	测量位置/(°)	顺时针/(")	逆时针/(")
1	0	0	0
2	30	10	15
3	60	-25	-35
4	90	-35	-15
5	120	15	30
6	150	30	25
7	180	-10	-25
8	210	-35	-20
9	240	-20	10
10	270	20	35
11	300	40	20
12	330	-20	-25
13	360	0	0

5 结 论

为实现航天级光电轴角编码器的高可靠性与稳定性,更加方便直观地读取编码器位置信息,本文设计了航天级光电编码器快速地检系统显示功能。以 DSP+CPLD 为核心处理器对多台编码器进行信号采集与处理,通过双口 RAM 进行测角板与伺服控制板的数据通讯,伺服控制板将读取到的编码器位置信息显示到 LCD 液晶屏上,利用按键控制液晶屏分别显示出每台编码器二进制和度分秒形式的角度位置信息。实验结果表明,编码器最大误差值为+40",最小误差值为-35",均方根误差为 24.38",满足编码器精度要求。该系统可以同时完成多台编码器的数据传输通信和显示功能,实时性好,可视性强,体积小,易于携带,便于在不同场地对编码器进行调试,并且系统功能还可进一步扩展。

参 考 文 献:

[1] 董莉莉,熊经武,万秋华.光电轴角编码器的发展动态[J].光学精密工程,2000,8(2):198-202.

- Dong L L, Xiong J W, Wan Q H. Development of photoelectric rotary encoders [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2000, 8(2):198-202. (in Chinese)
- [2] 孙莹, 万秋华. 航天级光电编码器的信号处理系统设计[J]. 光学精密工程, 2010, 18(5):1182-1188.
Sun Y, Wan Q H. Design of signal process system for spaceborne photoelectric encoder [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2010, 18(5):1182-1188. (in Chinese)
- [3] 许志涛, 龙科慧, 刘金国. 基于 C8051F340 和 Labview 的编码器调试系统设计[J]. 液晶与显示, 2011, 26(6):789-794.
Xu Z T, Long K H, Liu J G. Design of encoder signal debugging system based on C8051F340 and Labview [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2011, 26(6):789-794. (in Chinese)
- [4] 万秋华, 孙莹, 王树洁, 等. 双读数系统的航天级绝对式光电编码器设计[J]. 光学精密工程, 2009, 17(1):52-57.
Wan Q H, Sun Y, Wang S J, et al. The design for spaceborne absolute photoelectric encoder of dual numerical system [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2009, 17(1):52-57. (in Chinese)
- [5] 左洋, 龙科慧, 乔克, 等. 航天编码器调试系统显示功能设计[J]. 液晶与显示, 2012, 27(6):795-799.
Zuo Y, Long K H, Qiao K, et al. Design of display function in debugging system of the space encoder [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2012, 27(6):795-799. (in Chinese)
- [6] 杨守旺, 龙科慧, 周磊, 等. 航空相机调焦单元仿真系统的实时显示方法研究[J]. 液晶与显示, 2009, 24(5):740-745.
Yang S W, Long K H, Zhou L, et al. Simulation control of aerial camera focusing system [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2009, 24(5):740-745. (in Chinese)
- [7] 吴永芝, 刘义生, 万秋华, 等. 高精度光电编码器动态细分误差测量系统[J]. 吉林大学学报, 2012, 42(增刊 I):309-313.
Wu Y Z, Liu Y S, Wan Q H, et al. Dynamic interpolation error measuring system for high precision optical encoder [J]. *Journal of Jilin University*, 2012, 42(Supplement I):309-313. (in Chinese)
- [8] 周磊, 李葆勇, 王志宏, 等. 一种航空相机调焦控制系统[J]. 微计算机信息, 2010, 26(14):42-43.
Zhou L, Li B Y, Wang Z H, et al. An aerial focusing control system [J]. *Control & Automation*, 2010, 26(14):42-43. (in Chinese)
- [9] 刘璞, 王春平, 徐艳. 基于 FPGA 的串口与链路口联合通信设计与实现[J]. 计算机测量与控制, 2014, 22(2):544-547.
Liu P, Wang C P, Xun Y. Design and implementation of serial port and link port uni-communication based on FPGA [J]. *Computer Measurement & Control*, 2014, 22(2):544-547. (in Chinese)
- [10] 杨振永, 王延杰, 孙海江, 等. 基于 TMS320DM8168 的 SOC 高清视频处理系统的设计与实现[J]. 液晶与显示, 2013, 28(5):764-769.
Yang Z Y, Wang Y J, Sun H J, et al. Design and implementation of SOC high definition video processing system based on TMS320DM8168 [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2013, 28(5):764-769. (in Chinese)

作者简介:左洋(1987—),男,吉林长春人,博士研究生,主要从事光电角位移传感器应用技术的研究。E-mail:zuoyang_1987@163.com

龙科慧(1958—),女,吉林长春人,研究员,博士生导师,主要从事航天相机调焦系统的方面的研究。E-mail:long_kh@163.com